

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

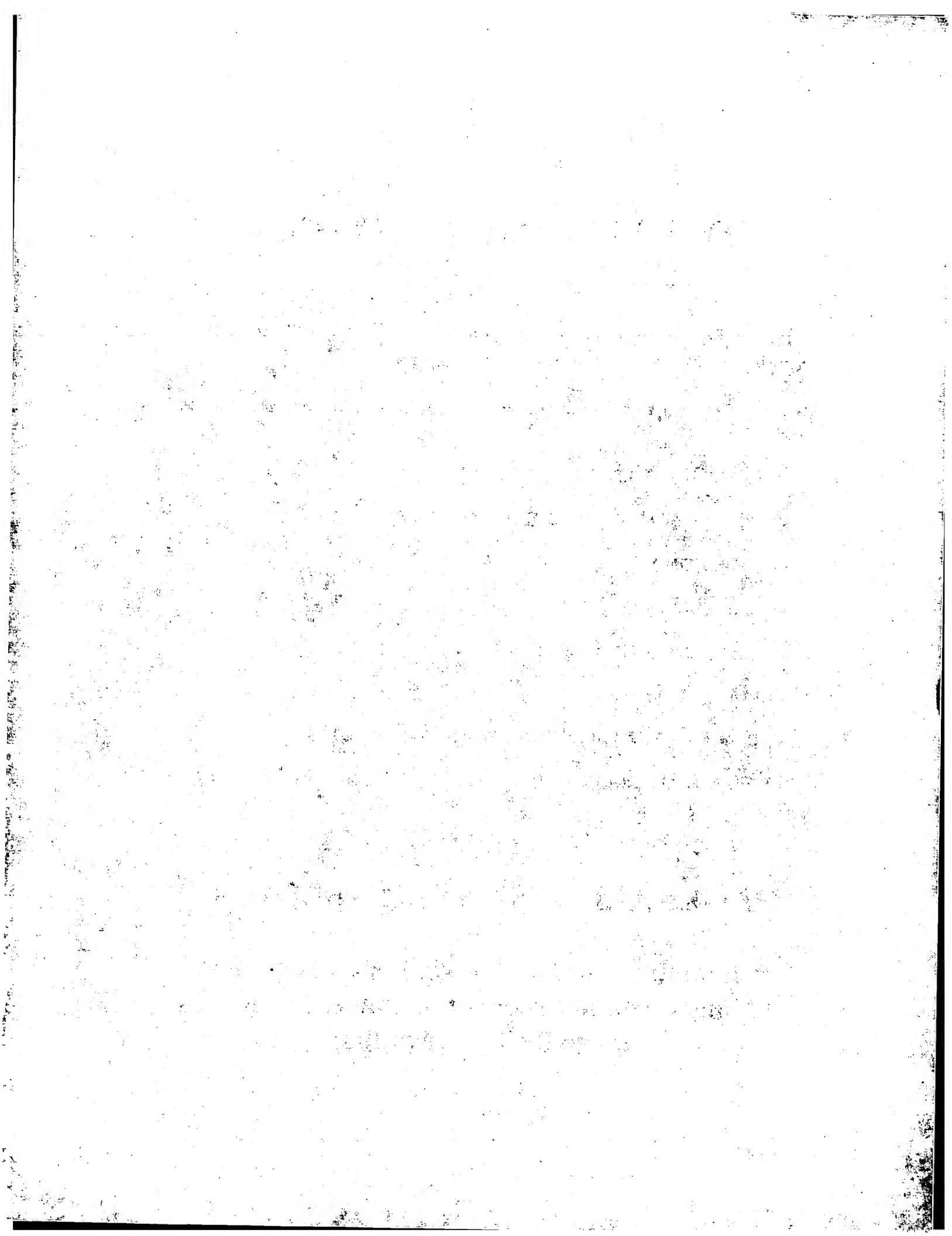
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 198 39 366 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 16 H 21/46**

②① Aktenzeichen: 198 39 366.0  
②② Anmeldetag: 28. 8. 1998  
④③ Offenlegungstag: 2. 3. 2000

**DE 198 39 366 A 1**

⑦① **Anmelder:**  
Pritschow, Günter, Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c.mult., 70192  
Stuttgart, DE  
  
⑦④ **Vertreter:**  
Jackisch-Kohl und Kollegen, 70469 Stuttgart

⑦② **Erfinder:**  
Pritschow, Günter, Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c., 70192  
Stuttgart, DE; Dubois, Laetitia, 70563 Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Einrichtung für die Bewegung und Positionierung wenigstens eines Elementes im Raum

⑤⑦ Bei der Einrichtung für die Bewegung und Positionierung wenigstens eines Elementes im Raum ist das Element über Gelenkstäbe gelenkig mit mindestens einem Basiselement verbunden. Das Element ist durch mindestens einen Antrieb mit drei Freiheitsgraden verstellbar. Es sind Stabkinematiken bekannt, die auf Stäbe mit konstanter Länge aufgebaut sind. Darum sind stets sechs Elemente zur Positions- und Orientierungsänderung erforderlich.

Um die Einrichtung so auszubilden, das das bewegbare Element einfach in seiner Positionierung geändert werden kann, ist der Antrieb ein auf das bewegbare Element translatorisch wirkender Antrieb, der das bewegbare Element zusätzlich zu den Gelenkstäben mit dem Basiselement gelenkig verbindet. Bei dieser Einrichtung wird das bewegliche Element nur noch durch den translatorisch wirkenden Antrieb positioniert. Die Gelenkstäbe wirken nur noch passiv zur Beibehaltung der Orientierung des bewegbaren Elementes.

Mit der Einrichtung ist es möglich, für die unterschiedlichsten Ausbildungen der Einrichtungen die gleichen Antriebe einzusetzen.

**DE 198 39 366 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung für die Bewegung und Positionierung wenigstens eines Elementes im Raum nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Es ist bekannt, eine bewegliche Plattform mittels längenveränderlicher, parallel angeordneter Stäbe im Raum zu positionieren und zu orientieren. Eine solche Einrichtung ist als "Hexapod" in die Literatur eingegangen.

Es ist weiter bekannt, durch eine Reihenschaltung von Antriebselementen und räumlichen Parallelogrammen die sechs Freiheitsgrade eines Hexapods so einzuschränken, daß die bewegliche Plattform eine konstante Orientierung einhält und die Position der Plattform über nur drei einzusetzende Antriebe bestimmt werden kann. Hierzu sind am Basiselement rotatorische Antriebe vorgesehen, mit denen die räumlichen Parallelogramme zur Verstellung der Plattform angetrieben werden können. Darüber hinaus sind Einrichtungen bekannt, die als Antriebe Linearantriebe einsetzen, die auf die Endpunkte der Gelenkstäbe der Parallelogramme wirken.

Alle diese Stabkinematiken sind auf Stäbe mit konstanter Länge aufgebaut. Darum sind stets sechs Elemente zur Positions- und Orientierungsänderung erforderlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Einrichtung so auszubilden, daß das bewegbare Element einfach in seiner Positionierung geändert werden kann.

Diese Aufgabe wird bei der gattungsgemäßen Einrichtung erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung wird das bewegliche Element nur noch durch den translatorisch wirkenden Antrieb positioniert. Die Gelenkstäbe wirken nur noch passiv zur Beibehaltung der Orientierung des bewegbaren Elementes. Dadurch ist es möglich, für die unterschiedlichsten Ausbildungen der Einrichtungen die gleichen Antriebe einzusetzen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die Erfindung wird anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1 bis Fig. 5** jeweils in schematischer Darstellung verschiedene Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Einrichtungen.

Mit der Einrichtung können räumliche Maschinenkinematiken gestaltet werden, um eine Plattform im Raum zu bewegen. In **Fig. 1** ist die Plattform **1** als Platte dargestellt, sie kann jedoch auch jede andere geeignete Form haben. Die Plattform **1** kann als Werkzeug- oder als Werkstückträger einer Maschine dienen. Die Plattform **1** ist über drei translatorische Antriebe **2** mit einem Basiselement **3** gelenkig verbunden, das maschinen- bzw. gestellfest angeordnet ist. Die Antriebe **2** sind teleskopartig ausgebildet und haben einen festen Teil **4** und einen beweglichen Teil **5**. Die festen Teile **4** der Antriebe **2** sind kugel- oder kardangelnig mit dem Basiselement **3** und die beweglichen Teile **5** kugel- oder kardangelnig mit der Plattform **1** verbunden. Die Anlenkpunkte der Antriebe **2** an der Plattform **1** und am Basiselement **3** liegen vorteilhaft in Winkelabständen von  $120^\circ$  zueinander. Durch Ein- und Ausfahren der beweglichen Teile **5** kann die Länge der translatorischen Antriebe **2** zur Verstellung der Plattform **1** verändert werden.

An den Rändern der Plattform **1** sind ebenfalls in Winkelabständen von vorteilhaft  $120^\circ$  drei Achsen **6** gelagert, die in einer gemeinsamen Ebene liegen. An den Enden jeder

Achse **6** sind die einen Enden zweier parallel zueinander liegender Stäbe **7, 8** schwenkbar gelagert. Die anderen Enden der Stäbe **7, 8** sitzen schwenkbar auf den Enden weiterer Achsen **9**. Die Achsen **6, 9** und die Stäbe **7, 8** bilden Parallelogramme **10 bis 12**, die jeweils den einen Arm von drei Knickarmen **13 bis 15** bilden. Der andere Arm jedes Knickarmes **13 bis 15** wird durch einen längenunveränderlichen Stab **16** gebildet, dessen eines Ende auf den Achsen **6** und dessen anderes Ende auf Achsen **17** schwenkbar gelagert ist. Die Achsen **17** sind mit ihren Enden im Basiselement **3** gelagert. Die Achsen **17** liegen wiederum in einer gemeinsamen Ebene und parallel zu den Achsen **6**. Die Stäbe **16** sind im Bereich zwischen den Anlenkpunkten der Stäbe **7, 8** auf den Achsen **9** schwenkbar gelagert. Die anderen Enden der Stäbe **16** sitzen drehbar auf den Achsen **17** des Basiselementes **3**.

Die Stäbe **16** und die Parallelogramme **10 bis 12** liegen winklig zueinander und sind über die Achse **9** gelenkig miteinander verbunden. Die Stäbe **7, 8** der Parallelogramme **10 bis 12** sind jeweils kardangelnig mit den Achsen **6** und **9** verbunden. Als Antrieb zum Verstellen der Plattform **1** dienen die translatorischen Antriebe **2**, die durch Ein- und Ausfahren der beweglichen Teile **5** die Plattform **1** in die gewünschte Lage bringen. Die Knickarme **13 bis 15** sorgen dafür, daß die Orientierung der Plattform **1** stets konstant gehalten wird entsprechend der Richtungen der Achsen **17** des Basiselementes **3**. Mit Hilfe der drei teleskopartigen Antriebe **2** kann die Position der Plattform **1** einfach und genau gesteuert werden. Mit der beschriebenen Ausführung kann die Plattform **1** innerhalb eines Arbeitsraumes **18** verstellt werden, wie er in **Fig. 2** dargestellt ist. Da die Stäbe **7, 8** der Parallelogramme **10 bis 12** kardangelnig mit den Achsen **6, 9** verbunden sind, sind sie bei entsprechender Verstellung der Plattform **1** durch die translatorischen Antriebe **2** im Raum verformbar, d. h. die Stäbe **7, 8** jedes Parallelogramms **10 bis 12** können räumlich gegeneinander verstellt werden, wobei die Achsen **9** in jeder Lage der Plattform **1** parallel zu den Achsen **6, 17** liegen. Die Antriebe für die Plattform **1** sind bei dieser Ausführungsform durch die Teleskopbeine **2** gebildet, so daß die Achsen **17** des Basiselementes **3** passive Achsen sind.

Bei der Ausführungsform nach **Fig. 2** sind die Achsen **17** im Unterschied zum vorigen Ausführungsbeispiel um eine senkrecht zu ihnen liegende Achse **40** motorisch drehbar. Die Achsen **17** sitzen jeweils in einem Lagerbock **41**, der am Basiselement **3** um die Achse **40** drehbar gelagert ist. Der zugehörige (nicht dargestellte) Motor ist am Basiselement **3** gelagert. Im übrigen ist diese Einrichtung gleich ausgebildet wie die Ausführungsform nach **Fig. 1**. Da die Lagerböcke **41** um die Achsen **40** motorisch gedreht werden können, kann auf diese Weise die Orientierung der Plattform **1** eingestellt werden. Die Motoren für die Lagerböcke **41** sind so aufeinander abgestimmt, daß die gewünschte Orientierungsbewegung der Plattform **1** erfolgt. Die Positionierung der Plattform **1** erfolgt, wie anhand des vorigen Ausführungsbeispieles beschrieben, durch die drei translatorischen, als Teleskopbeine ausgebildeten Antriebe **2**.

Um die Orientierungsbewegung der Plattform **1** zu ermöglichen, sind die Stäbe **7, 8** der Parallelogramme **10 bis 12** mit ihren Enden jeweils kugelgelenkig an die Achsen **6** bzw. **9** angebunden. Es reicht auch aus, wenn die Stäbe **7, 8** mit ihrem einen Ende kugelgelenkig mit der Achse **9** oder mit der Achse **6** verbunden sind.

Beim Ausführungsbeispiel nach **Fig. 3** sind zueinander parallele Linearführungen **23** vorgesehen, die sich vertikal erstrecken und auf denen Führungswagen **36** verschiebbar sind. Sie sind passive Elemente, die selbst nicht antreiben. An den Führungswagen **36** sind die Achsen **17** vorgesehen,

an deren Enden die Stäbe 7, 8 der Parallelogramme 10 bis 12 kardangelnig gelagert sind. Die anderen Enden der Stäbe 7, 8 sind kardangelnig mit der Plattform 1 verbunden. Um die Plattform 1 im Arbeitsraum zu verstellen, sind die translatorischen Antriebe 2 in Form der Teleskopbeine vorgesehen, deren fester Teil 4 kardangelnig mit dem Basiselement 3 und deren beweglicher Teil 5 kardangelnig mit der Plattform 1 verbunden ist. Die Führungswagen 36 und die Antriebe 2 liegen auf einander gegenüberliegenden Seiten der Plattform 1. Durch gesteuertes Ein- und Ausfahren der beweglichen Teile 5 der Antriebe 2 wird die Plattform 1, wie dies anhand von Fig. 1 erläutert worden ist, innerhalb des Arbeitsraumes verstellt. Die Stäbe 7, 8 bilden infolge ihrer kardangelnigen Anbindung an die Achse 17 und an die Plattform 1 die im Raum verformbaren Parallelogramme 10 bis 12. In der Darstellung gemäß Fig. 3 befinden sich die Teleskopbeine 2 im Bereich unterhalb und die Führungswagen 36 mit den Parallelogrammen im Bereich oberhalb der Plattform 1. Es ist selbstverständlich möglich, die Teleskopbeine 2 oberhalb und die Führungswagen 36 mit den Parallelogrammen 10 bis 12 im Bereich unterhalb der Plattform 1 vorzusehen. Weiter ist es möglich, die Linearführungen 23 nicht nur vertikal, sondern beispielsweise auch horizontal oder unter jedem anderen geeigneten Winkel zur Horizontalen anzuordnen.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 ist die Plattform 1 über drei translatorisch verschiebbare Verbindungsstäbe 30 bis 32 im Raum geführt. Sie sind mit ihren unteren Enden kardangelnig mit der Plattform 1 verbunden. Am Basiselement 3 sind drei kardanisch gelagerte Führungen 33 bis 35 für die Verbindungsstäbe 30 bis 32 vorgesehen. Zur Bewegung der Plattform 1 im Arbeitsraum sind wiederum die drei Teleskopbeine 2 vorgesehen, die in Fig. 4 lediglich schematisch dargestellt sind. Das eine Teleskopbein ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Teleskopbeine 2 sind, wie dies anhand von Fig. 1 im einzelnen erläutert worden ist, kugel- oder kardangelnig mit der Plattform 1 und dem Basiselement 3 verbunden. Durch gesteuertes Ein- und Ausfahren dieser Teleskopbeine 2 kann die Plattform 1 in die gewünschte Position innerhalb des Arbeitsraumes verstellt werden. Die Verbindungsstäbe 30 bis 32 werden hierbei entsprechend mitgenommen und verschieben sich translatorisch in den Führungen 33 bis 35. Sie können infolge ihrer kardangelnigen Lagerung am Basiselement 3 die notwendigen Schwenkbewegungen ausführen. Diese Ausführungsform zeichnet sich durch ihre konstruktive Einfachheit aus. Die Orientierung und Neigung der Plattform 1 wird durch die kardanische Lagerung der Verbindungsstäbe 30 bis 32 an der Plattform 1 sowie der kardanischen Lagerung der Führungen 33 bis 35 am Basiselement 3 konstant gehalten.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 ist die Plattform 1 über die Knickarme 13 bis 15 mit dem Basiselement 3 gelenkig verbunden. Wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 werden die Knickarme 13 bis 15 durch die Parallelogramme 10 bis 12 und die gelenkig mit ihnen verbundenen längenunveränderlichen Stäbe 16 gebildet. Sie sitzen schwenkbar auf den Achsen 17 des Basiselementes 3 und den Achsen 9, mit denen die Stäbe 16 mit den Parallelogrammen 10 bis 12 gelenkig verbunden sind. Die Stäbe 7, 8 der Parallelogramme 10 bis 12 sind mit ihren Enden wiederum kardangelnig mit den Achsen 9 und 6 verbunden. Anstelle der drei translatorischen Antriebe 2 beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist zur Verstellung der Plattform 1 ein Antrieb in Form eines Roboterarmes vorgesehen. Er hat einen am Basiselement 3 gelagerten Drehantrieb 24, mit dem zwei Arme 25 und 26 betätigt werden die über ein ebenes Gelenk 27 (Achse) miteinander verbunden sind. Das

vom Gelenk 27 abgewandte Ende des Armes 26 ist über ein Kardangelnig 28 mit der Plattform 1 verbunden. Der andere Arm 25 ist an seinem vom Gelenk 27 abgewandten Ende über ein weiteres ebenes Gelenk 29 (Achse) mit einem Drehantrieb 42 verbunden, der an der Unterseite des Basiselementes 3 vorgesehen ist. Mit dem Antrieb 24 kann der Drehantrieb 42 mit der Achse 29 und dem Arm 25 um eine senkrecht zum Basiselement 3 liegende Achse 43 gedreht werden. Mit dem Drehantrieb 42 läßt sich der Arm 25 um die Achse 29 im gewünschten Maße drehen. Der Arm 26 läßt sich über einen weiteren Antrieb 44 um die Achse 27 drehen. Auf diese Weise wird die Plattform 1 im Arbeitsraum bewegt. Die Arme 25, 26 mit den zugehörigen Antrieben sind nach Art eines Roboterarmes ausgebildet, der die Plattform 1 trägt und im gewünschten Maße positioniert. Der Verbindungsarm 25, 26 weist drei Freiheitsgrade auf, so daß die Plattform 1 in jede Position des Arbeitsraumes gesteuert werden kann. Wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist die Gesamtanordnung wiederum so ausgebildet, daß die Neigung und Orientierung der Plattform 1 im Raum unverändert bleibt bei allen Bewegungen der beweglichen Teile der Antriebe. Die Stäbe 7, 8 bilden infolge ihrer kardangelnigen Anbindung an die Plattform 1 und an die Achsen 9 der Knickarme 13 bis 15 die im Raum verformbaren Parallelogramme 10 bis 12.

Bei den beschriebenen und dargestellten Ausführungsformen liegen die Anlenkstellen der passiven Gelenkstäbe 7, 8; 30 bis 32 und der aktiven Antriebe 2; 24 bis 29, 42, 44 in einer gemeinsamen Ebene. Es ist aber auch möglich, die Anlenkstellen der passiven Gelenkstäbe 7, 8; 30 bis 32 und der aktiven Antriebe 2; 24 bis 29, 42, 44 in jeweils einer gesonderten Ebene anzuordnen. Die Plattform 1 hat dann keine flächige Ausbildung, sondern ist zum Beispiel als Stab ausgebildet. Die Anlenkstellen der aktiven Antriebe müssen in diesem Fall nicht in einer gemeinsamen Ebene liegen, sondern können räumlich versetzt am Stab angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung für die Bewegung und Positionierung wenigstens eines Elementes im Raum, das über Gelenkstäbe gelenkig mit mindestens einem Basiselement verbunden und durch mindestens einen Antrieb mit drei Freiheitsgraden verstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb (2; 24 bis 29, 42, 44) ein auf das bewegbare Element (1) translatorisch wirkender Antrieb ist, der das bewegbare Element (1) zusätzlich zu den Gelenkstäben (7, 8; 30 bis 32) mit dem Basiselement (3) gelenkig verbindet.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Gelenkstäbe (7, 8) jeweils Teil eines im Raum verformbaren Parallelogramms (10 bis 12) sind.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Parallelogramme (10 bis 12) über jeweils einen Stab (16) gelenkig mit dem Basiselement (3) verbunden sind.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stab (16) mit seinen Enden schwenkbar auf der Achse (9) und einer weiteren Achse (17) des Basiselementes (3) sitzt.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenkstäbe (7, 8) am bewegbaren Element (1) auf einer Achse (6) gelenkig sitzen.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen (6 und 17) am bewegbaren Element (1) und am Basiselement (3) parallel zu-

einander liegen.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stäbe (16) mit den zugehörigen Parallelogrammen (10 bis 12) Knickarme (13 bis 15) bilden. 5
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß am bewegbaren Element (1) drei Parallelogramme (10 bis 12) angreifen.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verstellung des bewegbaren Elementes (1) drei translatorische Antriebe (2) vorgesehen sind, die am beweglichen Element (1) und am Basiselement (3) gelenkig angreifen. 10
10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die translatorischen Antriebe (2) Teleskopbeine sind, deren Enden gelenkig mit dem bewegbaren Element (1) und dem Basiselement (3) verbunden sind. 15
11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der Orientierung des bewegbaren Elementes (1) die dem Basiselement (3) zugeordnete Achse (17) um eine senkrecht zu ihr liegende Achse (40) motorisch drehbar ist. 20
12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb am Basiselement (3) gelagert ist. 25
13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2, 5, 6 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Parallelogramme (10 bis 12) über die Achsen (17) mit Linearführungen (23, 36) gelenkig verbunden sind. 30
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2, 5, 6, 8, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die translatorischen Antriebe (2) auf der einen Seite und Führungswagen (36) der Linearführungen (23, 36) auf der anderen Seite des bewegbaren Elementes (1) angeordnet sind. 35
15. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Parallelogramme (10 bis 12) über die Achsen (17) gelenkig mit den Führungswagen (36) verbunden sind. 40
16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke der Gelenkstäbe (7, 8) der Parallelogramme (10 bis 12) Kardangelenke sind.
17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke der Gelenkstäbe (7, 8) der Parallelogramme (10 bis 12) Kugelgelenke sind. 45
18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenkstäbe (30 bis 32) in kardanisch am Basiselement (3) gelagerten Führungen (33 bis 35) verschiebbar sind. 50
19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, 16 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß der translatorisch wirkende Antrieb (24 bis 29, 42, 44) nach Art eines Roboterarmes ausgebildet ist, der das bewegbare Element (1) trägt. 55

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

- Leerseite -

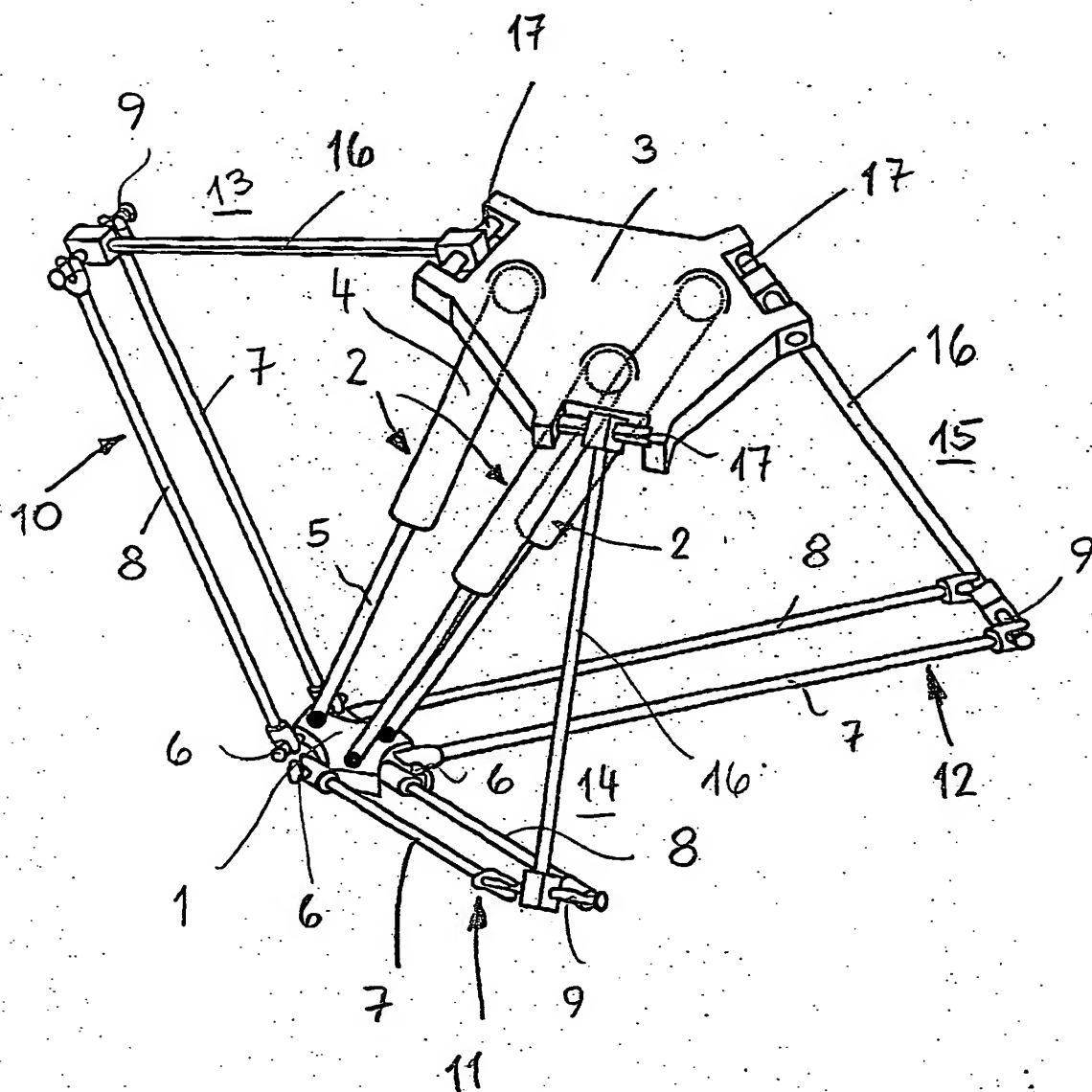


FIG. 1



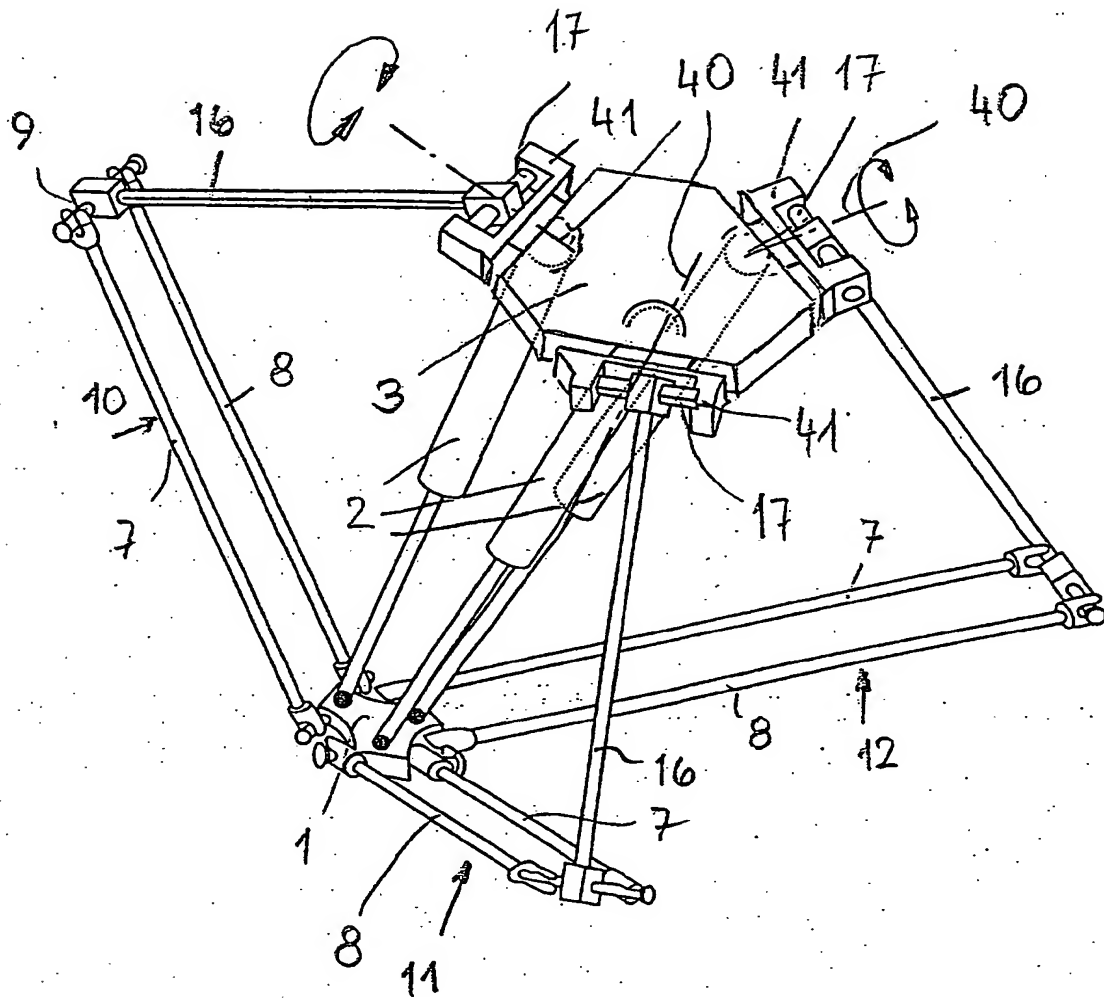


FIG. 2

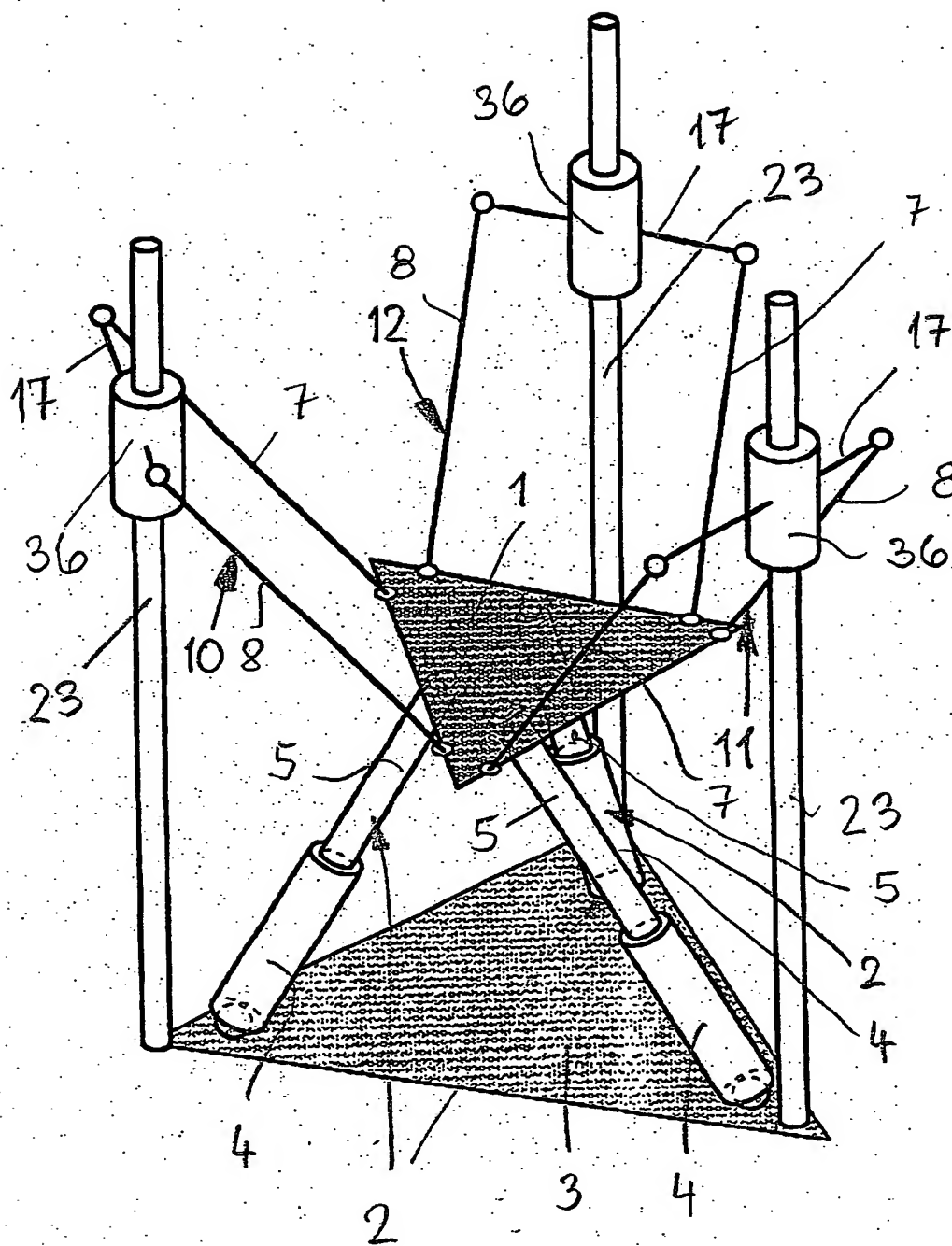


FIG. 3

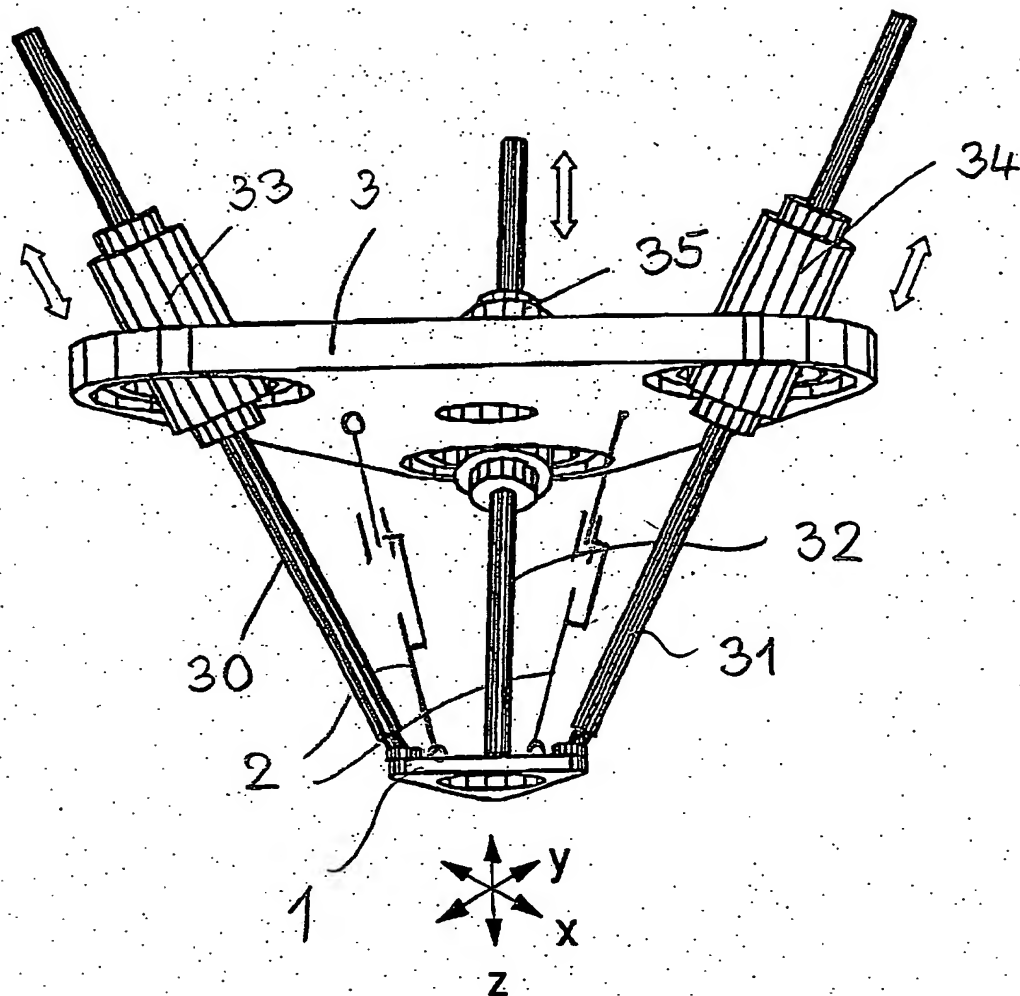


FIG. 4

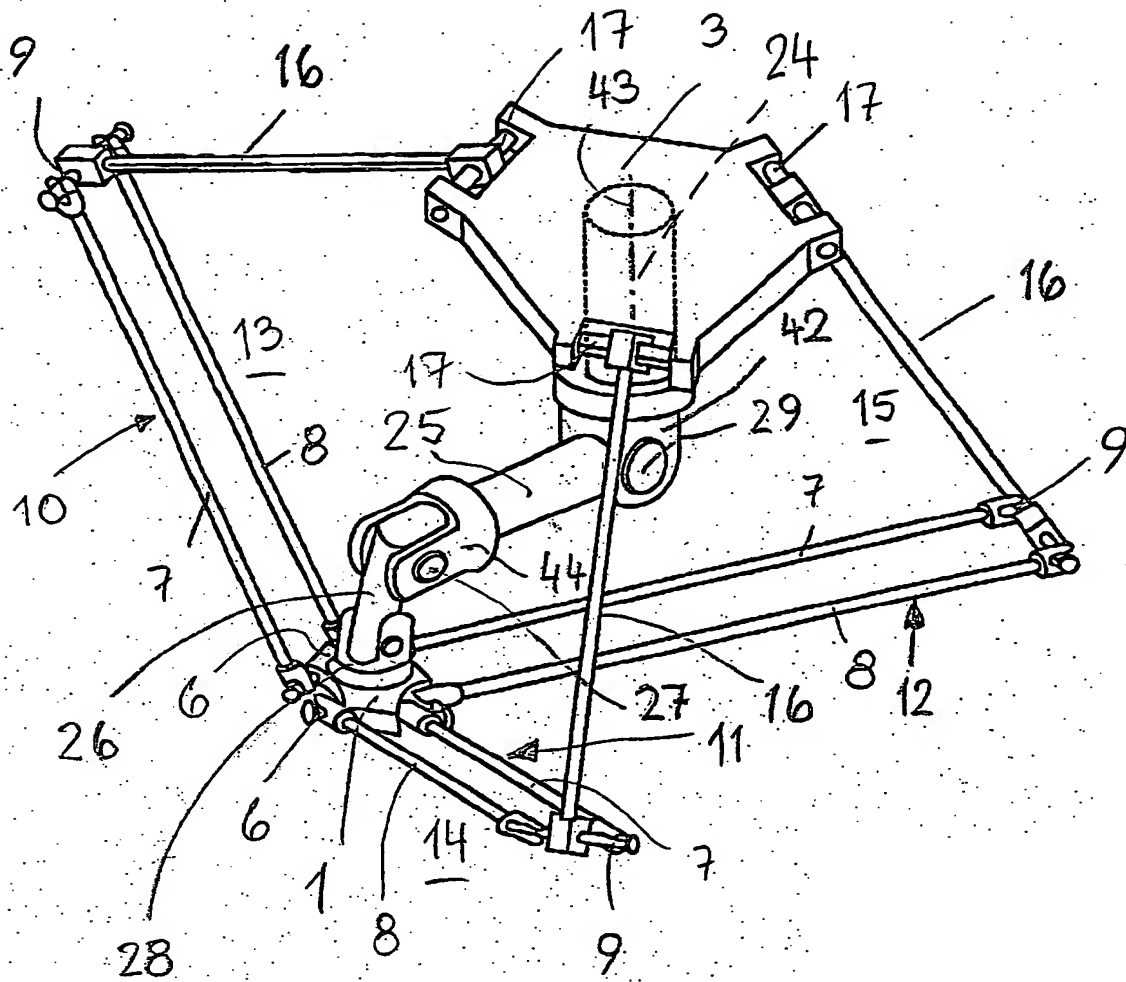


FIG. 5